



新型海水淡化系统的设计*

张敏 李雨龙 胡状 刘炳键 陈东生

(上海电力学院 上海 201400)

(收稿日期:2015-12-23)

摘要:在便携的高效凹面聚光集热装置基础上,通过综合利用所获得的太阳热辐射能实现海水淡化蒸馏、温差发电以及温箱供暖,从而达到太阳能高效综合利用的目的.同时,为海难及岛礁等特殊情况、特殊环境下的海水淡化与供暖需求提供一种新途径.

关键词:凹面聚光 海水淡化 温差发电 供暖

1 引言

众所周知,海洋不仅是人类的资源宝库,也是人们不可或缺的交通媒介,海洋运输是国际贸易运输中使用最广泛的运输方式.随着海洋开发、海上运输等活动日益频繁,如何获得更多的淡水资源成为一个倍受关注的问题.但巨大的海洋市场也带来巨大的风险.每年因海难失去生命的人数不胜数^[1].若发生事故,被困海上时,一个稳定的海上救援与淡水维持系统变得非常重要.首先,船上的救援物资是有限的,特别是淡水,很快就会消耗完;其次,船上的电也会用完,无法发送求救信号.本文将研究如何利用光热蒸馏海水获得淡水;利用光电和温差发电系统为求救灯光提供电源等.

2 系统设计原理

本实验装置将利用光热蒸馏海水获得淡水;利用光电和温差发电系统为求救灯光提供电源;利用光热余热导入保温箱以供夜晚保暖;利用反光材料在白天反射求救光等.

2.1 方案选择

目前,相同功率的聚光系统有很多,常用的如表1所示.

表1 相同功率的海上聚光系统比较

聚光系统	成本	简易性	单位面积功率	综合
蝶式聚光系统	低	较复杂	较高	简易性不够,无法胜任
槽式聚光系统	低	较简单	较高	基本符合
塔式聚光系统	高	很难	低	几乎不可能
菲涅耳聚光系统	较高	一般	较低	成本太高,简易性差

考虑到海上的特殊地理环境等特点,最后综合比较,选择了槽式聚光系统.槽式聚光装置利用抛物线的几何特性将平行射入的太阳光进行反射聚焦于集热管.聚光装置主要包括反光镜和支架两部分,它们应具有良好的反射率、聚光性能、机械性能、抗腐蚀性能以及经济性等特点^[2].

2.2 系统设计

因为真空管价格昂贵,所以选择不锈钢铁皮管的(如图1)中心光斑作为受热部分.这样虽然在集热性能上存在一定损失,但是它的可塑性却大大提高.本方案将在铁皮管中完成淡水蒸发,以及热水循环等功能.

反光材料采用了性价比高的铝膜板,在兼顾价格的同时也获得了良好的反光效果.在金属管的上

* 上海市大学生科研创新、国家大学生科研创新基金资助.

作者简介:张敏(1992-),女,在读本科生.

指导教师:陈东生(1978-),男,博士,副教授,研究方向为新能源发电技术,综合性、设计性实验的开发与研究等.

部开了两个洞,一个洞是用来加水的,另外一个是用来排热蒸汽的.两边的螺孔处在圆截面的中心位置,它是用来接金属水管从而使得热水循环.这种设计即使无水注入时,也可以保持管内的液位,从而防止干烧等破坏性情况的出现.

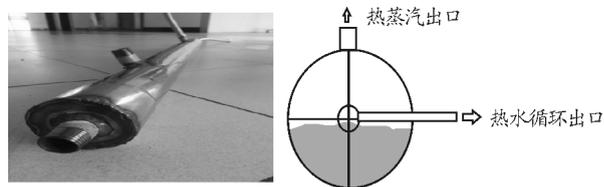


图1 中心光斑受热部分

整个系统共需要8块温差电池、两个冷凝器、1个保温水箱、1个电池盒、1个可卷的反光板、1个加热管、管道以及导线若干.

设计原理是直接加热后的水流经冷凝器上的温差电池,得到电力,同时完成循环水的操作,最后留下的热水保存在保温箱中,留给晚上海上防寒使用.而上部的蒸汽直接经过另外一个冷凝器,产生蒸馏水,然后被收集、饮用.同时,翻转的槽式设计,在白天可以遮挡海上的烈日,当下雨时可以用来收集雨水,一举两得.最终的设计效果如图2所示.

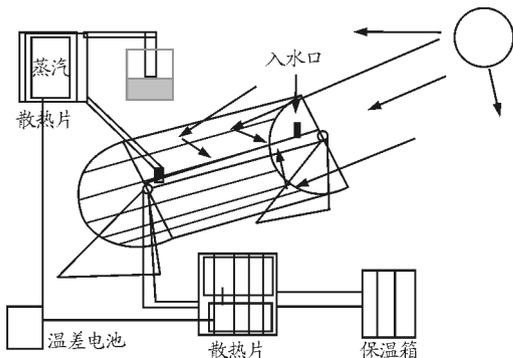


图2 系统设计图

2.3 实验系统测试

本实验装置基于图3的抛物面模型^[3].

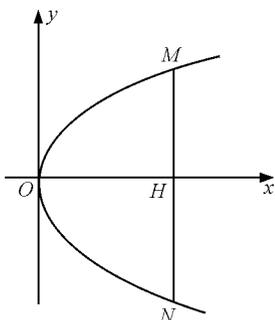


图3 抛物面模型

架设完成后的实物装置如图4所示.首先,观察太阳的仰角以适时调整整个抛物面的弧度及对太阳光线的角度.已知反光板弧长 $L=2\text{ m}$, x 轴方向长度为 $OH=0.40\text{ m}$.



图4 系统实物图

令 $y^2=2px$ 由抛物线近似弧长公式^[4]

$$S_{\text{mon}} = \frac{L}{2} \left\{ \sqrt{1 + \left(\frac{4F}{L}\right)^2} + \frac{L}{4F} \ln \left[\frac{4F}{L} + \sqrt{1 + \left(\frac{4F}{L}\right)^2} \right] \right\} \quad (1)$$

代入条件,得抛物面焦距 F 近似数值为 0.342 m .已知初始温度为 14.1°C ;水体积 0.7 L .所得实验数据如表2,曲线关系如图5所示.

表2 加热器温度与时间关系

时间 / min	温度 / $^\circ\text{C}$	时间 / min	温度 / $^\circ\text{C}$
0	14.1	20	46.2
2	14.0	22	54.5
4	15.1	24	60.9
6	15.2	26	68.1
8	18.1	28	75.1
10	20.8	30	82.1
12	22.3	32	85.1
14	26.2	34	93.3
16	34.1	36	96.1
18	40.3	38	100.3

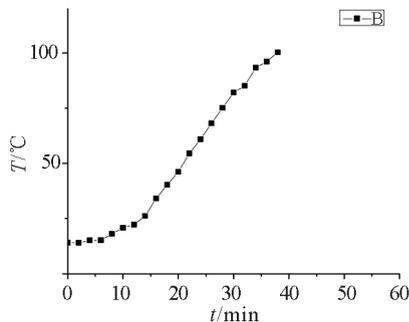


图5 加热器温度与时间关系

$$\Delta t = T_1 - T_0 = 100.3^\circ\text{C} - 14.1^\circ\text{C} =$$

$$86.2^{\circ}\text{C} \quad (2)$$

$$m = V\rho = 0.7 \text{ kg} \quad (3)$$

$$Q = c_{\text{水}} m\Delta t$$

已知水的比热容 $c = 4\,186 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$, 将式(2)、(3)代入上式得

$$Q = 252\,583 \text{ J} \quad (4)$$

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{252\,583}{38 \times 60} \text{ W} = 110 \text{ W} \quad (5)$$

最后得到的功率是 110 W. 而蒸馏水平均一个小时内有 200 mL 的出水量. 如果算一天内有 8 个小时的日照时间, 就有 1 600 mL 的淡水, 基本满足一个人一天的基本求生的水需求, 同时在保温箱中的热水, 也有 60°C 的温度完全可以保证单人的保暖需求, 此外, 还有电力资源可以使用.

3 结论

这是一种新型的海上救援船的救援与维持系

统, 它解决了很多海上求生的难题, 虽然有很多问题有待继续研究, 但是已经具备了一定的能力来维持海上的基本生存需求, 并且它的温差发电功能可以比较高效地利用太阳能, 为求生带来希望. 21 世纪是能源的世纪, 聚光太阳能一定会得到长足的发展, 而光热与光电的互补混合系统是一个值得期待的技术方向!

参 考 文 献

- 1 张民幸. 槽式太阳能热发电系统热性能研究: [学位论文]. 北京: 华北电力大学, 2012. 1 ~ 35
- 2 熊玉学, 刘庆照. 计算抛物线及椭圆弧长的近似公式. 东北林业大学学报, 1991(4): 1 ~ 16
- 3 高文娟, 陈晓夫. 聚光式太阳灶光效率特性分析. 农业工程学报, 1988, 4(4): 53 ~ 61
- 4 Hank Price, Eckhard Lupfert, David Kearney, et al. Advances in Parabolic Trough Solar Power Technology. Journal of Solar Energy Engineering, 2002, 124: 109 ~ 125

(上接第 87 页)

年第 23 题霍尔元件及应用、2013 年第 20 题多光子光电效应、2015 年第 18 题蹦极运动、2015 年第 20 题公交一卡通(公交卡)等等, 不是从实际问题中理想化得到的问题, 就是从物理学发展或前沿中抽取学生能够理解掌握的问题. 这些试题帮助学生从物理学视角认识自然, 理解自然, 引导学生建构物理图景, 使他们逐步经历科学探究过程, 学会使用科学研究方法, 养成科学思维习惯, 增强创新意识和实践能力. 2015 年第 20 题, 给出了大家都很熟悉的实际情境——IC 卡的刷卡过程, 该题不仅要求考生具备必要的物理知识, 还要结合生活经验, 有效地考查了学生的应用能力与探究能力.

3 北京高考理综物理试卷对物理教学的引导

(1) 回归教材, 重视基本概念、基本规律和基本方法的认识、理解和落实, 注重课本知识的理解与消化. 北京市物理试题, 不仅选择题中大量基础题目来源于教材, 就是像 2014 年第 24 题电磁感应, 2015 年

第 23 题探究弹力与弹簧伸长量变化的关系等难度较大, 要求较高的试题, 基本内容也都来源于教材. 因此在复习时首先要重视基本概念、基本规律和基本方法, 要打好基础.

(2) 注重物理思维的培养, 提升学生的综合素质. 思维其实就是学生良好的思维习惯, 对物理状态、过程进行分析时, 首先要将抽象的文字、图像形象化、具体化, 即将题目所给的抽象的图像和文字信息, 转换为实际的物理情境, 然后结合研究对象运动的特点找寻相应的物理规律解答. 不能将目光盯在所谓的难题、新题上, 而是要重视基本知识、基本方法、基本模型的理解与落实, 进一步提升学生的学习能力与探究能力.

(3) 提高灵活运用知识解决新情境问题的能力. 在平时学习过程中, 要养成自觉找寻不同单元、章节中知识与方法的联系的习惯, 注意从多个角度认识物理过程. 注意培养学生发现、分析、解决问题的能力, 引导学生对学科思想及方法的领悟, 提高学生的科学态度与责任, 使中学物理教学改革健康发展.